

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Gebrauchsmuster**  
⑩ **DE 298 18 029 U 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C 23 C 28/00**  
C 23 C 30/00

⑦① Aktenzeichen:	298 18 029.4
⑦② Anmeldetag:	9. 10. 98
⑦④ Eintragungstag:	25. 3. 99
⑦③ Bekanntmachung im Patentblatt:	6. 5. 99

DE 298 18 029 U 1

⑦③ Inhaber:  
Balzers Prozess Systeme Vertriebs- und Service  
GmbH, 81476 München, DE

⑤④ Verschleißfestes Werkstück

DE 298 18 029 U 1

09.10.98

## Verschleissfestes Werkstück

### Technisches Gebiet

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft den Verschleisschutz von Werkstücken, wie insbesondere Werkstücke aus Hartmetall oder Stahl, dabei insbesondere Werkzeuge, insbesondere Schneidwerkzeuge mit gegen Verschleiss widerstandsfähigen und damit gegen Verschleiss schützenden Schichtsystemen.

10

### Hintergrund der Erfindung

#### Definitionen:

- 15 • Mit einem "Schichtsystem", wie in der vorliegenden Beschreibung und in den Ansprüchen verwendet, ist eine beliebige Anzahl Schichten gemeint, welche aufeinander abgelagert werden, wobei auch eine Einzelschicht als Schichtsystem betrachtet wird.
- Unter "Hartmetall" verstehen wir ein Sinterkarbid oder
- 20 Sinterhartmetall.
- Wenn wir den Begriff "vorwiegend aus einem Material bestehend" verwenden, so bedeutet das, dass der Anteil dieses Materials mindestens 50 Atom%, insbesondere mindestens 90 Atom% beträgt.
- 25 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Werkstück, das einen Werkstückskörper und ein gegen Verschleiss beständiges Schichtsystem auf mindestens einem Teil der Oberfläche des genannten Werkstückskörpers enthält, wobei das verschleissfeste Werkstück eine ausgezeichnete Verschleissbeständigkeit bezüglich

09.10.98

Abrieb, Oxidationsbeständigkeit und Haftung des Schichtsystems aufweist. Daher betrifft das Werkstück in der bevorzugten Ausführungsform ein Werkzeug, insbesondere ein Schneidwerkzeug wie zum Beispiel einen Stirnfräser.

5

Verschleissbeständige Schichtsysteme mit mindestens einer Titannitrid- (TiN) oder Titancarbonitrid-Schicht (TiCN) oder einer ähnlichen Schicht auf der Oberfläche des Werkstückskörpers wurden bisher weit verbreitet und im allgemeinen für Werkzeuge benutzt.

- 10 Es wurden jedoch kürzlich Untersuchungen über den Einbau von Aluminium in die harte Schicht gemacht, um die Verschleissfestigkeit zu erhöhen, indem die Abriebfestigkeit und die Oxidationsbeständigkeit erhöht wurden. So gibt es mehrere Fälle, in denen der Einfluss von Aluminiumzusätzen zum oben
- 15 erwähnten harten Material ausgenutzt wurde, wie das in der japanischen Patent-Veröffentlichung Nr. 53,652/1992 und in der japanischen Patent-Veröffentlichung No. 67,705/1993 gezeigt wird.

- In diesen Fällen wurde jedoch durch den Zusatz von Aluminium nur
- 20 eine Verbesserung der Verschleissfestigkeit der Schicht selber bezüglich Oxidationsbeständigkeit und Abriebfestigkeit erreicht. Die Verschleissbeständigkeit umfasst jedoch mehr, nämlich auch die Haftung der Verschleisschutzschicht, d.h. deren Widerstand gegen das Ablösen vom Grundkörper.

25

Mit dem neuerdings starken Trend, die Effizienz des Schneidens zu erhöhen, geht die Tendenz zur Erhöhung der Schneidgeschwindigkeit und der Vorschubgeschwindigkeit einher. In diesen Fällen wird die Haftung der Hartstoffschicht, bzw. deren Widerstand gegen das

09.10.98

Ablösen oder Abplatzen, ausserordentlich wichtig und mehr und mehr zum dominanten Faktor für die Standzeit des Werkzeugs. Dieser Faktor ist sogar wichtiger als die blossé Abriebfestigkeit und Oxidationswiderstand der Schicht selber. Die oben erwähnten  
5 bekannten Hartstoffschichten, welche Aluminium enthalten, besitzen in der Regel eine so hohe restliche Druckspannung, dass die Haftung unbefriedigend ist, sodass allzu oft während des Hochleistungszerspanens die Schicht abplatzt. Das beeinträchtigt natürlich die Lebensdauer und Zuverlässigkeit eines Werkzeugs in  
10 erheblichem Masse.

Es ist offensichtlich, dass wir zwar über Probleme mit Schneidwerkzeugen sprechen, aber die gleichen Probleme treten im allgemeinen bei Werkzeugen und sogar noch allgemeiner gesagt bei  
15 Werkstücken auf, welche einer solchen Belastung als Schneidwerkzeuge ausgesetzt sind. Wenn wir also auf Probleme und deren Lösung bei Schneidwerkzeugen Bezug nehmen, so gilt das auch für andere Werkzeuge oder allgemeiner formuliert für andere Werkstücke, welche einer ähnlichen mechanischen, thermischen oder  
20 chemischen Beanspruchung unterworfen werden.

Um auch beim Hochleistungszerspanen eine hohe Standzeit und stabile Schnittbedingungen eines Werkzeugs zu erreichen, muss die Haftung der Verschleisschutzschicht weiter verbessert werden.  
25

Untersuchungen zur Verminderung der restlichen Druckspannungen innerhalb der Hartstoffschicht - als hauptsächliche Ursache für die Verschlechterung der Haftung - mit dem Ziel, dadurch die Haftung zu verbessern , wurden durchgeführt.

09.10.98

#### Zusammenfassung der Erfindung

- Es ist das Ziel der vorliegenden Erfindung, ein
- 5 verschleissbeständiges Werkstück zur Verfügung zu stellen, mit
- einem Werkstückskörper
  - einem verschleissbeständigen Schichtsystem auf mindestens einem Teil dieses Körpers und mit mindestens einer Hartstoffschicht, welche direkt auf diesem Körper aufgebracht wird,
  - 10 • wobei die genannte Hartstoffschicht mindestens vorwiegend aus einem Material besteht, das aus der folgenden Gruppe ausgewählt wird:

Nitride, Carbonitride, Nitroboride und Carbonitroboride wie auch Carboxinitride von mindestens Titan und Aluminium.

15

- Dieses Werkstück besitzt eine verbesserte Verschleissbeständigkeit bezüglich Abriebfestigkeit, Oxidationsbeständigkeit und insbesondere bezüglich der Haftung des verschleissbeständigen Schichtsystems, d.h. die Hartstoffschicht besitzt eine verbesserte
- 20 Haftung.

- Dieses Ziel wird erfindungsgemäss erreicht, indem eine Zwischenschicht zwischen dem Körper und der Hartstoffschicht aufgebracht wird, wobei diese Zwischenschicht vorwiegend aus
- 25 mindestens einem der Materialien besteht, die aus der folgenden Gruppe ausgewählt werden:

Nitroboride, Carbonitriboride, Carboxinitride von mindestens einem Metall aus der Gruppe von Chrom, Tantal, Zirkon, Titan

09.10.98

Nitride, Carbonitride von mindestens einem Metall aus der Gruppe von Chrom, Tantal, Zirkon

- Als Resultat einer intensiven Forschung mit dem Ziel, die Haftung
- 5 der Hartmetallschicht auf dem Werkstückskörper zu verbessern, haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung herausgefunden, dass die relativ weiche Zwischenschicht unter der aluminiumhaltigen Hartstoffschicht, die eine hohe Druckspannung aufweist, die hohe Druckspannung der Hartstoffschicht aufnimmt und dadurch entspannt.
- 10 Dadurch wird die Haftung der Hartstoffschicht merklich verbessert. Das lässt vermuten, dass die hohe Druckspannung, wenn sie in der Hartstoffschicht vorhanden ist, eine hohe Scherbeanspruchung in der Berührungszone zwischen Hartmetallschicht und Werkstückskörper entwickelt, wenn keine Zwischenschicht vorhanden ist. Diese
- 15 Scherbeanspruchung setzt die Haftung der Hartstoffschicht herab. Die erfindungsgemäss erreichte Entspannung durch die erfindungsgemässe Zwischenschicht vermindert die Scherbeanspruchung an der Berührungsfläche und verbessert dadurch die Haftung der Hartmetallschicht. Mit anderen Worten: Man ist der
- 20 Meinung, dass die erfindungsgemäss angebrachte Zwischenschicht als relativ weiche Schicht, eingebracht zwischen der Hartstoffschicht und dem Werkstückskörper, die vorher, wenn die Hartstoffschicht direkt auf dem Werkstückskörper abgelagert wurde, an der Berührungsfläche entwickelte Scherbeanspruchung aufnimmt und
- 25 entspannt. Daraus wird ersichtlich, dass die Zwischenschicht grundsätzlich "zwischen" dem Körper und der Hartstoffschicht angebracht werden muss, ohne Rücksicht darauf, wie viele und aus welchen Materialien bestehende Schichten zusätzlich zwischen dem Körper und der Zwischenschicht einerseits und zwischen der

09.10.98

Zwischenschicht und der Hartstoffschicht andererseits aufgebracht werden. Nichtsdestotrotz wird die Zwischenschicht mit der einen Ausnahme der weiter unten besprochenen Metallschicht bevorzugt direkt zwischen dem Körper und der Hartstoffschicht angebracht.

- 5 Das Ziel, die Verschleissbeständigkeit des erfindungsgemässen verschleissbeständigen Werkstücks noch weiter zu verbessern, wird mit der vorliegenden Erfindung dadurch erreicht, dass die Zwischenschicht und/oder die Hartstoffschicht aus mindestens einem der Materialien, ausgewählt aus den Nitroboriden oder
- 10 Carbonitroboriden, besteht.

- Bezüglich der erforderlichen Voraussetzungen (Bedingungen) der Zwischenschicht wurde erkannt, dass nicht nur die Weichheit, sondern auch verhältnismässig grobe Kristallkörner (Kristallite)
- 15 vorteilhaft für die Verminderung des Drucks günstig sind. Eine rauhere Oberfläche der Zwischenschicht wirkt sich günstig auf die Verbesserung der Haftung aus. Obwohl für die Aufklärung von andern Faktoren, welche zu weiteren Verbesserungen führen, zusätzliche Studien erforderlich sind, hat man herausgefunden, dass die besten
- 20 Resultate mit den oben erwähnten Materialien als Zwischenschichten erhalten wurden.

- Es wurde ebenfalls bestätigt, dass der Zusatz von Bor zur Hartstoff- und/oder Zwischenschicht und insbesondere zu letzterer,
- 25 zu weiteren bemerkenswerten Verbesserungen bezüglich der Oberflächenrauigkeit führt und sogar günstigere Ergebnisse bezüglich der Haftung der Hartmetallschicht liefert. Die Aufklärung dieses Phänomens würde zusätzliche Studien erfordern.

09.10.98

- Während in konventionellen Beispielen von Zwischenschichten als Zwischenschichtmaterial vorwiegend Titannitrid (TiN), Titancarbonitrid (TiCN) oder Titancarbid (TiC) benutzt werden, haben die vorliegenden Untersuchungen der Erfinder der
- 5 vorliegenden Erfindung gezeigt, dass die gut bekannten Materialien zunächst einmal die Bildung einer Schicht mit einer rauhen Oberfläche und kleinen Kristallkörnern (Kristalliten) voraussetzen. Aber diese Schichtmaterialien sind nicht sehr wirkungsvoll im Aufnehmen und Vermindern von Scherspannungen, weil
- 10 sie nicht genügend weich sind. Sie haben eine merklich geringere Wirkung, die Haftung zu verbessern im Vergleich zu den Zwischenschichten der erfindungsgemäss vorgeschlagenen Materialien.
- 15 In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Werkstück eine Hartstoffschicht aus Titanaluminiumnitrid (TiAlN) und eine Zwischenschicht aus Titannitroborid (TiBN) oder Titancarbonitroborid (TiCBN), des weiteren vorzugsweise direkt zwischen dem Körper und der Hartstoffschicht aufgebracht oder mit
- 20 einer zusätzlichen Metallschicht versehen wie unten beschrieben. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht nämlich darin, die Verschleissbeständigkeit des Werkstückes mit der erfindungsgemässen Zwischenschicht zusätzlich zu verbessern.
- 25 Dies wird dadurch erreicht, dass das Werkstück zusätzlich eine Metallschicht enthält, welche zwischen dem Werkstückskörper und der Zwischenschicht eingesetzt wird. Dabei besteht die Metallschicht in der am meisten bevorzugten Ausführungsform mindestens aus einer Schicht von Chrom, Tantal, Titan oder Zirkon

09.10.98

und weiter bevorzugt, besteht diese Metallschicht aus dem gleichen Metall, das als Komponente in der erfindungsgemässen Zwischenschicht enthalten ist.

- 5 Damit haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung erkannt, dass die Scherbeanspruchung des erfindungsgemässen Werkstücks zusätzlich durch eine weiche Metallschicht unter der Zwischenschicht vermindert werden kann. Das geht darauf zurück, dass eine Metallschicht eine hohe Absorptionsenergie und einen
- 10 kleinen Elastizitätsmodul aufweist, Versetzungen sich leicht verschieben lassen und dass sie dadurch zusätzlich Spannungsenergie wirksam aufnehmen kann. Dabei umfasst das Werkstück in einer bevorzugten Ausführungsform eine Hartstoffschicht aus  $\text{TiAlN}$  und eine Zwischenschicht aus
- 15 Titannitroborid oder Titancarbonitroborid, und des weiteren eine Metallschicht, die zwischen dem Körper und der Zwischenschicht eingefügt wird und die mindestens vorwiegend aus einem der Metalle aus der Gruppe Chrom, Tantal, Zirkon oder Titan besteht, des weiteren vorzugsweise aus Chrom und/oder Titan, bevorzugt aus
- 20 Chrom oder Titan. Es wird dabei bevorzugt die Metallschicht direkt zwischen dem Körper und der Zwischenschicht aufgebracht, wobei die Zwischenschicht gerade neben der Hartstoffschicht liegt.

- Daraus ergibt sich, dass das Abplatzen der Hartstoffschicht
- 25 erfindungsgemäss, auch bei der Hochleistungszerspanung im unterbrochenen Schnitt, mit einem Vorschub von mehr als 0.4 mm/Werkzeugeingriff (Schneide) unterdrückt wird, und dadurch gleichbleibende Bearbeitungsbedingungen ermöglicht werden. Wie oben erwähnt, besitzt das erfindungsgemässe Werkstück in allen

seinen Ausführungsformen vorzugsweise einen Werkstückskörper aus Hartmetall oder Stahl, wie z.B. einem Hochgeschwindigkeitsstahl. Dadurch ist es vorzugsweise als Werkzeug und insbesondere als Schneidwerkzeug verwirklicht. Für die Dicke der Zwischenschicht,

5 d, gilt vorzugsweise

$$0.05 \mu\text{m} \leq d \leq 5 \mu\text{m}$$

Die Begründung dafür lautet wie folgt:

Wenn die Dicke der erfindungsgemässen Zwischenschicht nicht mindestens  $0.05 \mu\text{m}$  beträgt, kann sie für die Reduktion der Spannung wirkungslos sein, d.h. für die Verbesserung der Haftung der Hartstoffschicht. Andererseits, wenn die Dicke  $d$  der Zwischenschicht  $5 \mu\text{m}$  übersteigt, dann kann der Abriebwiderstand der Hartstoffschicht zerstört werden.

15 In Bezug auf die Metallschicht, die - in einer bevorzugten Ausführungsform - am erfindungsgemässen Werkstück angebracht wird, beträgt die Dicke  $d_m$  einer solchen Metallschicht vorzugsweise

$$5 \text{ nm} \leq d_m \leq 500 \text{ nm}.$$

20 Die Begründung dafür lautet wie folgt:

Wenn einerseits die Dicke der Metallschicht zwischen der Zwischenschicht und dem Werkstückskörper nicht mindestens  $5 \text{ nm}$  beträgt, dann ist sie in dieser Art wirkungslos, um die Spannung weiter zu vermindern, d.h. um die Haftung der Hartmetallschicht zu verbessern. Andererseits, wenn sie  $500 \text{ nm}$  übersteigt, dann kann sich in dieser Metallschicht während des Schneidens plastische Verformung entwickeln, was zur Zerstörung der Haftung der Hartmetallschicht führt.

09.10.98

Ein weiteres Ziel der gegenwärtigen Erfindung besteht darin, ein Verfahren anzubieten, um ein verschleissfestes Werkstück herzustellen, welches ein Werkstück mit wesentlich verbesserter Verschleissfestigkeit ergibt. Dieser Verfahren enthält die

5 Schritte, auf der Oberfläche des Werkstückskörpers eine Zwischenschicht abzulagern, welche vorwiegend aus mindestens einem Material aus der folgenden Gruppe besteht:

Nitroboride, Carbonitriboride, Carbooxinitride von mindestens einem Metall aus der Gruppe von Chrom, Tantal

10 Titan oder Zirkon, Nitride, Carbonitride von mindestens einem der Metalle aus der Gruppe von Chrom, Tantal oder Zirkon.

Dabei kann zusätzlich eine metallische Schicht bestehend aus zumindest einem der Metalle Cr, Ta, Ti oder Zr vor Abscheidung der

15 Zwischenschicht direkt auf dem Substrat aufgebracht werden. Dann wird auf der genannten Zwischenschicht ein verschleissfestes Schichtsystem bestehend aus einer oder mehreren Hartmetallschichten, die vorwiegend mindestens ein Material aus der Gruppe

20 der Nitride, Carbonitride, Carbooxinitride, Nitroboride und Carbonitroboride des Titans und des Aluminiums enthält, abgelagert. Dabei werden sowohl die Zwischenschicht(en) als auch die Hartstoffschicht(en) in einem Vakuumbeschichtungsprozess abgeschieden.

25

#### Beispiele und weitere Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird nun zusätzlich anhand von Figuren und Beispielen beschrieben. In den Figuren wird folgendes gezeigt:

09.10.98

Fig.1 Eine schematische Darstellung eines verschleissfesten Teils  
eines erfindungsgemässen Werkstücks in einer ersten  
Ausführungsform;

Fig.2 Eine zweite Ausführungsform des verschleissfesten Teils  
5 eines erfindungsgemässen Werkstücks in einer weiter  
verbesserten Ausführungsform.

Entsprechend Fig. 1 enthält das erfindungsgemässe Werkstück einen  
Körper 1, der vorzugsweise aus Hartmetall oder aus Stahl wie z.B.  
10 einem Hochgeschwindigkeits(HSS)-Stahl gefertigt ist. Über und  
vorzugsweise auf mindestens einem ausgewählten  
Oberflächenabschnitt des Körper 1 wird durch ein  
Vakuumbeschichtungsverfahren eine Zwischenschicht 3 gebracht,  
vorzugsweise mit einer Dicke d, für welche gilt

15 
$$0.05 \mu\text{m} \leq d \leq 5 \mu\text{m}$$

Diese Zwischenschicht besteht aus mindestens einem der oben im  
einzelnen bezeichneten Materialien.

Dabei besteht die Zwischenschicht mindestens vorwiegend,  
20 vorzugsweise praktisch ausschliesslich aus einem der folgenden  
Materialien: Nitroboride, Carbonitroboride von mindestens einem  
der folgenden Materialien: Chrom, Tantal, Zirkon oder Titan,  
Nitride, Carbonitride von mindestens einem der Materialien Chrom,  
Tantal, Zirkon. In einer bevorzugten Ausführungsform besteht die  
25 Zwischenschicht 3 vorwiegend aus mindestens einem der folgenden  
Materialien: Nitroboride, Carbonitride von mindestens einem  
Material, vorzugsweise einem Material aus der Gruppe von Chrom,  
Tantal, Zirkon oder Titan, dabei vorzugsweise Titan.

09.10.98

Über, vorzugsweise auf der Oberfläche der Zwischenschicht 3 wird, wiederum vorzugsweise durch ein Vakuumbeschichtungsverfahren, ein verschleissbeständiges Schichtsystem 5 abgeschieden, das aus einer einzelnen Schicht oder mehreren Schichten bestehen kann.

5 Unabhängig davon, ob das System 5 aus einer oder mehr als einer Schicht besteht, wird als unterste Schicht eine Hartstoffschicht 5a vorgesehen, welche aus einem oben im einzelnen bezeichneten Material besteht.

10 Die Dicke des verschleissfesten Schichtsystems 5, sei es als Einzel- oder als Mehrfachsicht, ist beträchtlich grösser als die Dicke der Zwischenschicht 3.

In Fig. 2 wird eine verbesserte Ausführungsform der vorliegenden  
15 Erfindung gezeigt, die sich von der in Fig.1 gezeigten Ausführungsform unterscheidet. Für die gleichen Teile, die schon in Fig.1 beschrieben wurden, werden die gleichen Bezugszeichen verwendet. Der Unterschied gegenüber der Ausführungsform von Fig.1 besteht darin, dass - wiederum vorzugsweise durch einen  
20 Vakuumbeschichtungsschritt - eine Metallschicht 7 zwischen der Oberfläche des Grundkörpers 1 und der Zwischenschicht 3 aufgebracht wird, vorzugsweise direkt dazwischen wie in Fig.2 gezeigt. Dabei ist die Dicke  $d_m$  der Metallschicht 7 grundsätzlich etwa zehnmal kleiner als die Dicke der Zwischenschicht 3. So wird  
25  $d_m$  vorzugsweise in folgendem Bereich liegen:

$$5 \text{ nm} \leq d_m \leq 500 \text{ nm}$$

Das Metall der metallischen Schicht 7 wird wie oben im einzelnen ausgeführt gewählt. Dabei wird in einer bevorzugten Ausführungsform für die Metallschicht 7 das gleiche Metall gewählt

09.10.98

wie für die Zwischenschicht 3. So wird, wenn z.B. die  
Zwischenschicht 3 aus einer Verbindung wie spezifiziert mit Chrom  
besteht, vorzugsweise auch Chrom als Metall für die Metallschicht  
7 gewählt. In einer weiter bevorzugten Ausführungsform wird Chrom  
5 oder Titan als Metall der Metallschicht 7 gewählt.

### Experimente

#### 1. Experimente mit Werkzeugen die entsprechend der Ausführungsform von Fig.1 konzipiert sind

##### 10 1.1.1 bis 1.1.4, Stirnfräser

Hartmetall Stirnfräser wurden versuchsweise entsprechend der  
Ausführungsform von Fig.1 vorbereitet. Für die Abscheidung der  
Zwischenschicht und der Hartstoffschicht wurde eine kleine Bogen-  
Entladungs Ion Plating Anlage benützt. In einigen Beispielen wurde  
15 Bor entweder zur Zwischenschicht oder zur Hartstoffschicht  
beigefügt, indem ein Bor-haltiges Target verwendet wurde. Um in  
einigen Beispielen Kohlenstoff zur Zwischenschicht beizufügen,  
wurde Acetylgas als Reaktivgas beim Ion Plating verwendet. Die  
Dicke der Hartstoffschicht wurde bei 2  $\mu\text{m}$  gewählt.

20

In den folgenden Tabellen 1.1.1 bis 1.1.4 wird als "erste Schicht"  
(first layer) die Zwischenschicht definiert und die "zweite  
Schicht" (second layer) bedeutet die Hartstoffschicht. Unter  
"Beschichtungsbedingungen" (Coating conditions) zeigen diese  
25 Tabellen die Beschichtungsbedingungen insbesondere für die  
Zwischenschicht.

Pfeile in den entsprechenden Feldern der Tabelle bedeuten, dass  
die Angaben im nächsten darüber liegenden Feld gültig sind.

09.10.98

Die Beispiele Nr. 1 bis Nr. 8 sind Beispiele entsprechend der vorliegenden Erfindung und entsprechend der Ausführungsform von Fig.1, während die Beispiele Nr.9 bis Nr.12 zum Vergleich

- 5 Beispiele aus dem Stand der Technik darstellen. Die Tabellen 1.1.1 bis 1.1.4 zeigen:

Tab. 1.1.1: Zirkon als Metall der Verbindung der  
Zwischenschicht

10 Tab. 1.1.2: Tantal als Metall der Verbindung der  
Zwischenschicht

Tab. 1.1.3: Chrom als Metall der Verbindung der  
Zwischenschicht

Tab. 1.1.4: Titan als Metall der Verbindung der  
Zwischenschicht

03.10.98

Tabelle 1.1.1

Probe Nr.	Beschichtungsbedingungen		Film		Dauer des Fräsens zum Zeitpunkt des Abplatzens (Minuten)
	Bias Spannung (V)	Vakuumzustand (mbar)	erste Schicht	zweite Schicht	
1	70	$1 \times 10^{-2}$	ZrN 0.1 $\mu$	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	15.2
2	↑	↑	ZrN 1.0 $\mu$	↑	20 m ohne Abplatzen
3	↑	↑	ZrN 4.0 $\mu$	↑	8.4
4	↑	↑	ZrD <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub> 1.0 $\mu$	↑	18.5
5	↑	↑	ZrC <sub>0,1</sub> D <sub>0,1</sub> N <sub>0,8</sub> 1.0 $\mu$	↑	14.7
6	↑	↑	ZrD <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub> 1.0 $\mu$	↑	12.0
7	↑	↑	ZrN 1.0 $\mu$	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> D <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	16.8
8	↑	↑	ZrN 1.0 $\mu$	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> D <sub>0,3</sub> N <sub>0,7</sub>	12.4
9	↑	↑	— —	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	1.8
10	↑	↑	— —	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	0.5
11	↑	↑	TiN 0.1 $\mu$	↑	4.4
12	↑	↑	TiN 1.0 $\mu$	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	3.7

09.10.98

Tabelle 1.1.2

Probe Nr.	Beschichtungsbedingungen		Film		Dauer des FräSENS zum Zeitpunkt des Abplatzens (Minuten)	
	Bias Spannung (V)	Vakuumszustand (mbar)	erste Schicht	zweite Schicht		
Vorliegende Erfindung	1	70	$1 \times 10^{-2}$	TaN 0.1μ	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	12.1
	2	↑	↑	TaN 1.0μ	↑	14.3
	3	↑	↑	TaN 4.0μ	↑	7.8
	4	↑	↑	TaB <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub> 1.0μ	↑	13.2
	5	↑	↑	TaC <sub>0,1</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,8</sub> 1.0μ	↑	12.7
	6	↑	↑	TaB <sub>0,4</sub> N <sub>0,6</sub> 1.0μ	↑	10.3
	7	↑	↑	TaN 1.0μ	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	11.1
	8	↑	↑	TaN 1.0μ	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,3</sub> N <sub>0,7</sub>	9.4
Vergleichsbeispiele	9	↑	↑	— —	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	1.8
	10	↑	↑	— —	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	0.5
	11	↑	↑	TiN 0.1μ	↑	4.4
	12	↑	↑	TiN 1.0μ	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	3.7

09.10.98

Tabelle 1.1.3

Probe Nr.	Beschichtungsbedingungen		Film		Dauer des FräSENS zum Zeitpunkt des Abplatzens (Minuten)
	Bias Spannung (V)	Vakuumzustand (mbar)	erste Schicht	zweite Schicht	
1	70	$1 \times 10^{-2}$	CrN	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	16.0
2	↑	↑	CrN	↑	20 m ohne Abplatzten
3	↑	↑	CrN	↑	9.5
4	↑	↑	CrD <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	↑	20 m ohne Abplatzten
5	↑	↑	CrC <sub>0,1</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,8</sub> 1.0μ	↑	15.7
6	↑	↑	CrD <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub> 1.0μ	↑	13.2
7	↑	↑	CrN	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	10.2
8	↑	↑	CrN	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,3</sub> N <sub>0,7</sub>	14.6
9	↑	↑	--	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	1.8
10	↑	↑	--	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	0.5
11	↑	↑	TiN	↑	4.4
12	↑	↑	TiN	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	3.7



Tabelle 1.1.4

Probe Nr.	Beschichtungsbedingungen		Film		Dauer des FräSENS zum Zeitpunkt des Abplatzens (Minuten)		
	Bias Spannung. (V)	Vakuumzustand (mbar)	erste Schicht	zweite Schicht			
Vorliegende Erfindung	1	70	$1 \times 10^{-2}$	TiB <sub>0,05</sub> N <sub>0,95</sub>	0.1μ	Ti <sub>1,0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	18.9
	2	↑	↑	TiB <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	1.0μ	↑	20 m ohne Abplatzten
	3	↑	↑	TiB <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	4.0μ	↑	16.8
	4	↑	↑	TiB <sub>0,2</sub> N <sub>0,8</sub>	1.0μ	↑	20 m ohne Abplatzten
	5	↑	↑	TiC <sub>0,1</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,8</sub>	1.0μ	↑	20 m ohne Abplatzten
	6	↑	↑	TiB <sub>0,4</sub> N <sub>0,6</sub>	1.0μ	↑	16.9
Vergleichs- beispiele	7	↑	↑	TiB <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	1.0μ	Ti <sub>1,0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	0 m ohne Abplatzten
	8	↑	↑	TiB <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	1.0μ	Ti <sub>1,0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,3</sub> N <sub>0,7</sub>	18.7
	9	↑	↑	--		Ti <sub>1,0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	1.8
	10	↑	↑	--		Ti <sub>1,0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	0.5
	11	↑	↑	TiN	0.1μ	↑	4.4
	12	↑	↑	TiN	1.0μ	Ti <sub>1,0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	3.7

09.10.98

# Fräser Test

Die folgenden Fräser-Tests wurden unter Benützung von erfindungsgemässen und von gewöhnlichen Stirnfräsern, die in den Tabellen 1.1.1. bis 1.1.4 aufgeführt sind, durchgeführt:

- 5 - Stirnfräser: Durchmesser 8 mm mit 6 Schneiden
- gefrästes Material: SKD11 HRC60
- Fräs-Geschwindigkeit: 40 m/Minute
- Vorschub: 0.05 mm/Schneide
- Schnitttiefe 12 mm
- 10 - Schneid-Öl Trocken Fräsen

- Das Fräsen wurde so lange durchgeführt, bis Abplatzungen festgestellt wurden. Die Fräsdauer bis zum Auftreten einer mindestens 0.05 mm breiten Abplatzung auf der Frei- oder
- 15 Stirnfläche wird in den entsprechenden Tabellen 1.1.1 bis 1.1.4 ebenfalls gezeigt. Wie es aus allen Tabellen 1.1.1. bis 1.1.4 ersichtlich ist, zeigen Stirnfräser mit Zwischenschichten auf Nitrid- oder Bornitrid-Basis eine gute Haftung der Hartstoffschicht, und erlauben gleichbleibende
- 20 Bearbeitungsbedingungen selbst wenn sehr harter Stahl gefräst wird, wie der erwähnte HRC60-Stahl. Zudem kann durch Zusatz von Bor entweder zur Zwischenschicht oder zur Hartstoffschicht die Fräsdauer (Einsatzdauer des Fräasers) zusätzlich erhöht werden, wie aus den Experimenten entsprechend den Tabellen 1.1.1 bis 1.1.3
- 25 ersichtlich ist. Besonders vorteilhaft wirkt sich der Zusatz von Bor bei Titan und Stickstoff enthaltenden Zwischenschichten entsprechend Tabelle 1.1.4 aus.

09.10.98

1.2.1 bis 1.2.4, Einsätze (Inserts)

Hartmetalleinsätze entsprechend JIS P40 wurden gemäss der Ausführungsform von Fig.1 auf einer kleinen Bogenentladungs Ion Plating Anlage beschichtet. Der Zusatz von Bor erfolgte wie unter

5 1.1.1 bis 1.1.4 ausgeführt.

Die Dicke der Hartstoffschicht wurde zu 3  $\mu$ m gewählt. Die folgenden Tabellen 1.2.1 bis 1.2.4 entsprechen in ihrem Aufbau den Tabellen 1.1.1 bis 1.1.4.

10

Beispiele Nr. 13 bis 20 entsprechen der vorliegenden Erfindung, Beispiele Nr. 21 bis 24 sind wiederum zum Vergleich Beispiele entsprechend dem Stand der Technik.

15 Die Tabellen bezeichnen:

Tab. 1.2.1: Zwischenschicht mit Zirkon als Metall der Verbindung

Tab. 1.2.2: Zwischenschicht mit Tantal als Metall der Verbindung

20 Tab. 1.2.3: Zwischenschicht mit Titan als Metall der Verbindung

Tab. 1.2.4: Zwischenschicht mit Chrom als Metall der Verbindung

25



Tabelle 1.2.1

Probe Nr.	Beschichtungsbedingungen		Film		Fräsdauer (Minuten)	
	Bias Spannung (V)	Vakuumzu- stand (mbar)	erste Schicht	zweite Schicht		
Vorliegende Erfindung	13	50	$1 \times 10^{-2}$	ZrN 0.1 $\mu$	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	4.23
	14	↑	↑	ZrN 1.0 $\mu$	↑	5.18
	15	↑	↑	ZrN 4.5 $\mu$	↑	3.01
	16	↑	↑	ZrB <sub>0,1</sub> N <sub>0,7</sub> 1.0 $\mu$	↑	6.11
	17	↑	↑	ZrC <sub>0,1</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,8</sub> 1.0 $\mu$	↑	5.45
	18	↑	↑	ZrB <sub>0,3</sub> N <sub>0,7</sub> 1.0 $\mu$	↑	3.78
	19	↑	↑	ZrN 1.0 $\mu$	(Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> )(B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub> )	7.02
	20	↑	↑	ZrN 1.0 $\mu$	(Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> )(B <sub>0,3</sub> N <sub>0,7</sub> )	4.21
Vergleichs- beispiele	21	↑	↑	--	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	0.56
	22	↑	↑	--	(Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> )(B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub> )	0.69
	23	↑	↑	TiN 0.1 $\mu$	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	1.21
	24	↑	↑	TiN 1.0 $\mu$	↑	1.87

Tabelle 1.2.2

Probe Nr.	Beschichtungsbedingungen		Film		Fräsdauer (Minuten)
	Bias Spannung (V)	Vakuumbestand (mbar)	erste Schicht	zweite Schicht	
Vorliegende Erfindung	13	50	$1 \times 10^{-2}$	Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> N	4.02
	14	↑	↑	↑	5.20
	15	↑	↑	↑	3.11
	16	↑	TaD <sub>0,1</sub> N <sub>0,7</sub> 1.0μ	↑	6.43
	17	↑	TaC <sub>0,1</sub> D <sub>0,1</sub> N <sub>0,7</sub> 1.0μ	↑	4.98
	18	↑	TaD <sub>0,3</sub> N <sub>0,7</sub> 1.0μ	↑	3.99
	19	↑	TaD <sub>0,1</sub> N <sub>0,7</sub> 1.0μ	(Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> )(B <sub>0,1</sub> N <sub>0,7</sub> )	5.97
	20	↑	TaD <sub>0,1</sub> N <sub>0,7</sub> 1.0μ	(Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> )(B <sub>0,1</sub> N <sub>0,7</sub> )	3.79
Vergleichs- beispiele	21	↑	--	Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> N	0.56
	22	↑	--	(Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> )(B <sub>0,1</sub> N <sub>0,7</sub> )	0.69
	23	↑	TiN 0.1μ	Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> N	1.21
	24	↑	TiN 1.0μ	↑	1.07

00 10 00

Tabelle 1.2.3

Probe Nr.	Beschichtungsbedingungen		Film		Fräsdauer (Minuten)		
	Bias Spannung (V)	Vakuumzustand (mbar)	erste Schicht	zweite Schicht			
Vorliegende Erfindung	13	50	$1 \times 10^{-2}$	$\text{TiB}_{0,1}\text{N}_{0,2}$	$0.1 \mu$	$\text{Ti}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{N}$	5.32
	14	↑	↑	$\text{TiB}_{0,1}\text{N}_{0,2}$	$1.0 \mu$	↑	7.11
	15	↑	↑	$\text{TiB}_{0,1}\text{N}_{0,2}$	$4.5 \mu$	↑	5.11
	16	↑	↑	$\text{TiB}_{0,1}\text{N}_{0,2}$	$1.0 \mu$	↑	6.55
	17	↑	↑	$\text{TiC}_{0,1}\text{B}_{0,1}\text{N}_{0,8}$	$1.0 \mu$	↑	8.87
	18	↑	↑	$\text{TiB}_{0,1}\text{N}_{0,6}$	$1.0 \mu$	↑	4.56
	19	↑	↑	$\text{TiB}_{0,1}\text{N}_{0,2}$	$1.0 \mu$	$(\text{Ti}_{0,3}\text{Al}_{0,7})(\text{B}_{0,1}\text{N}_{0,9})$	10.01
	20	↑	↑	$\text{TiB}_{0,2}\text{N}_{0,8}$	$1.0 \mu$	$(\text{Ti}_{0,3}\text{Al}_{0,7})(\text{B}_{0,3}\text{N}_{0,7})$	5.69
Vergleichs- beispiele	21	↑	↑	--		$\text{Ti}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{N}$	0.56
	22	↑	↑	--		$(\text{Ti}_{0,3}\text{Al}_{0,7})(\text{B}_{0,1}\text{N}_{0,9})$	0.69
	23	↑	↑	TiN	$0.1 \mu$	$\text{Ti}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{N}$	1.21
	24	↑	↑	TiN	$1.0 \mu$	↑	1.87

Tabelle 1.2.4

Probe Nr.	Beschichtungsbedingungen		Film		Fräsdauer (Minuten)		
	Bias Spannung (V)	Vakuumzustand (mbar)	erste Schicht	zweite Schicht			
Vorliegende Erfindung	13	50	$1 \times 10^{-2}$	CrN	0.1μ	Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,5</sub> N	4.56
	14	↑	↑	CrN	1.0μ	↑	5.73
	15	↑	↑	CrN	4.5μ	↑	3.96
	16	↑	↑	CrD <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub>	1.0μ	↑	7.41
	17	↑	↑	CrC <sub>0,1</sub> B <sub>0,1</sub> N <sub>0,8</sub>	1.0μ	↑	6.77
	18	↑	↑	CrB <sub>0,3</sub> N <sub>0,7</sub>	1.0μ	↑	4.06
	19	↑	↑	CrN	1.0μ	(Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> )(B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub> )	7.21
	20	↑	↑	CrN	1.0μ	(Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> )(B <sub>0,3</sub> N <sub>0,7</sub> )	4.33
Vergleichs- beispiele	21	↑	↑	--		Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,5</sub> N	0.56
	22	↑	↑	--		(Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,7</sub> )(B <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub> )	0.69
	23	↑	↑	TiN	0.1μ	Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,5</sub> N	1.21
	24	↑	↑	TiN	1.0μ	↑	1.87

### Fräser Test

Der folgende Fräser Test wurde mit Mustern gemäss den Tabellen 1.2.1 bis 1.2.4 durchgeführt um die Fräsdauer bis zum Zeitpunkt des Abplatzens der Hartstoffschicht zu ermitteln:

- 5 - Einsatz: SEE42TN entsprechend JIS P40
- gefrästes Material: SKD61 HRC42
- Fräsgeschwindigkeit: 160 m/Minute
- Vorschub: 0.1 mm/Schneide
- Schnitttiefe 2 mm
- 10 - Schmierung Trockenfräsen

Wie es aus allen Tabellen 1.2.1 bis 1.2.4 offensichtlich ist, führten alle Zwischenschichten auf Nitrid- oder Bornitrid-Basis zu einer guten Fräser-Standzeit und daher zu einer guten Haftung der Hartstoffschicht, sodass auch wenn ein Stahl hoher Härte wie HRC42  
 15 gefräst wurde, langfristig gleichbleibende Bearbeitungsbedingungen eingehalten werden konnten. Der Einsatz wurde entfernt, sobald die Hartstoffschicht abschälte oder abplatzte. Damit wurden grosse Unterschiede in der Standzeit von konventionellen und  
 20 erfindungsgemäss beschichteten Einsätzen nachgewiesen.

Auch hier erhöhte der Zusatz von Bor entweder zur Zwischenschicht oder zur Hartstoffschicht nochmals die Standzeit.

25 2. Experimente mit Werkzeugen, die gemäss der Ausführungsform von Fig.2 konzipiert wurden.

### 2.1 bis 2.4

Hartmetall Werkzeuge entsprechend JIS P40 wurden erfindungsgemäss mit einer Metallschicht (erste Schicht) gemäss der Ausführungsform

09.10.99

von Fig. 2 beschichtet, dann mit einer Zwischenschicht (zweite Schicht) und schliesslich mit einer Hartstoffschicht (dritte Schicht). Die versuchsweise Beschichtung wurde wiederum in einer kleinen Bogen-Entladungs Ion plating Anlage durchgeführt, wobei  
5 Bor und Kohlenstoff in einigen Beispielen als Zusätze verwendet wurden, wie das im Zusammenhang mit den Tabellen 1.1.1 bis 1.1.4 erläutert wurde.

Die Dicke der Hartstoffschicht wurde wieder zu 3  $\mu\text{m}$  gewählt. Die  
10 folgenden Tabellen 2.1 bis 2.4 sind wiederum wie die vorherigen strukturiert.

Die Metallschicht gemäss Fig.2 wurde vom entsprechenden Metalltarget ohne Reaktivgas abgeschieden.

15

In den entsprechenden Tabellen ist wiederum die Fräsdauer bis zum Zeitpunkt des Abschälens oder Abplatzens der Hartstoffschicht als Standzeit des entsprechenden Werkzeugs angegeben. Die Tabellen bezeichnen:

20

Tab. 2.1: Metallschicht und Verbindung der Zwischenschicht auf der Basis von Zirkon

Tab. 2.2: Metallschicht und Verbindung der Zwischenschicht auf der Basis von Tantal

25

Tab. 2.3: Metallschicht und Verbindung der Zwischenschicht auf der Basis von Titan

Tab. 2.4: Metallschicht und Verbindung der Zwischenschicht auf der Basis von Chrom

09.10.98

Tabelle 2.1

Probe Nr.	Schichten			Fräsdauer bis zum Absplittern (Minuten)
	erste Schicht	zweite Schicht	dritte Schicht	
Vorliegende Erfindung	25 Zr 5nm	ZrN 1.0µ	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N ↑	12.3
	26 Zr 50nm	ZrN 1.0µ	↑	11.5
	27 Zr 200nm	ZrN 1.0µ	↑	9.6
	28 Zr 400nm	ZrN 1.0µ	↑	8.7
	29 Zr 50nm	ZrD <sub>0,1</sub> N <sub>0,2</sub> 1.0µ	↑	13.4
Vergleichs- beispiele	30 --	--	↑	0.83
	31 --	TiN 1.0µ	↑	1.21
	32 --	TiN 0.3µ	↑	2.45

09.10.98

Tabelle 2.2

Probe Nr.	Schichten			Fräsdauer bis zum Absplittern (Minuten)
	erste Schicht	zweite Schicht	dritte Schicht	
25	Ta 5nm	TaN 1.0µ	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	12.3
26	Ta 50nm	TaN 1.0µ	T	10.1
27	Ta 200nm	TaN 1.0µ	T	8.9
28	Ta 400nm	TaN 1.0µ	T	7.7
29	Ta 50nm	TaB <sub>0,1</sub> N <sub>0,9</sub> 1.0µ	T	12.9
30	--	--	T	0.03
31	--	TiN 1.0µ	T	1.21
32	--	TiN 0.3µ	T	2.45

09.10.98

Tabelle 2.3

Probe Nr.	Schichten			Fräsdauer bis zum Absplittern (Minuten)
	erste Schicht	zweite Schicht	dritte Schicht	
Vorliegende Erfindung	25 Ti 5nm	TiB <sub>0,1</sub> N <sub>0,2</sub> 1.0μ	Ti <sub>0,5</sub> Al <sub>0,5</sub> N	16.2
	26 Ti 50nm	TiB <sub>0,1</sub> N <sub>0,2</sub> 1.0μ	↑	13.0
	27 Ti 200nm	TiB <sub>0,1</sub> N <sub>0,2</sub> 1.0μ	↑	13.3
	28 Ti 400nm	TiB <sub>0,1</sub> N <sub>0,2</sub> 1.0μ	↑	11.4
	29 Ti 50nm	TiB <sub>0,1</sub> N <sub>0,2</sub> 1.0μ	↑	19.2
Vergleichsbeispiele	30 --	--	↑	0.83
	31 --	TiN 1.0μ	↑	1.21
	32 --	TiN 0.3μ	↑	2.45

00.10.98

Tabelle 2.4

Probe Nr.	Schichten			Fräsdauer bis zum Absplittern (Minuten)
	erste Schicht	zweite Schicht	dritte Schicht	
25	Cr 5nm	CrN 1.0µ	Ti <sub>0,3</sub> Al <sub>0,5</sub> N	14.3
26	Cr 50nm	CrN 1.0µ	↑	12.6
27	Cr 200nm	CrN 1.0µ	↑	10.9
28	Cr 400nm	CrN 1.0µ	↑	9.8
29	Cr 50nm	CrB <sub>0,1</sub> N <sub>0,7</sub> 1.0µ	↑	15.4
30	--	--	↑	0.83
31	--	TiN 1.0µ	↑	1.21
32	--	TiN 0.3µ	↑	2.45

09.10.98

Aus allen Tabellen 2.1 bis 2.4 ist ersichtlich, dass durch den Einbau einer entsprechenden Metallschicht die Standzeit des entsprechenden Werkzeugs merklich verbessert wird.

- 5 Für die Beschichtungsbedingungen, die in den Tabellen 2.1 bis 2.4 nicht definiert sind, gelten die Definitionen in den entsprechenden Tabellen 1.2.1 bis 1.2.4.

- Gemäss der vorliegenden Erfindung wurde somit ein besonders für
- 10 die Hochleistungsbearbeitung geeignetes Schneidwerkzeug zur Verfügung gestellt, das eine lange Standzeit ermöglicht. Dabei ist vermutlich eine Verminderung der restlichen Druckspannung der Grund für die verminderte Tendenz des Abschälens oder Abplatzens des verschleissbeständigen Hartstoffschichtsystems, welches an
- 15 sich den Schutz des Werkzeuges gegen Abrieb und Oxidation gewährleistet.

09.10.98

Ansprüche:

1. Ein verschleissfestes Werkstück, mit
- einem Werkstückskörper
  - einem verschleissfesten Schichtsystem auf mindestens einem Teil
- 5 des genannten Körpers und mit mindestens einer Hartstoffschicht am nächsten zum genannten Körper angebracht
- wobei die genannte Hartmetallschicht mindestens vorwiegend aus mindestens einem Material besteht, das aus der folgenden Gruppe ausgewählt wird:
- 10 Nitride, Carbonitride, Carbooxinitride, Nitroboride und Carbonitroboride von Titan und Aluminium
- wobei
- 15 • eine Zwischenschicht zwischen dem genannten Körper und der Hartmetallschicht vorgesehen ist, und die genannte Zwischenschicht mindestens vorwiegend aus mindestens einem Material besteht, das aus der folgenden Gruppe ausgewählt wird:
- 20 Nitroboride, Carbonitroboride, Carbooxinitride von mindestens einem Material aus der Gruppe von Chrom, Tantal, Zirkon oder Titan,
- Nitride, Carbonitride von mindestens einem Material aus der Gruppe von Chrom, Tantal oder Zirkon.
- 25 2. Das Werkstück nach Anspruch 1, wobei mindestens eine der genannten Hartstoffschichten oder der genannten Zwischenschichten mindestens vorzugsweise aus mindestens einem Material aus der Gruppe der Nitroboride und Carbonitroboride besteht.

09.10.98

3. Das Werkstück nach Anspruch 1 oder 2, wobei der genannte Körper aus Hartmetall oder Stahl, wie HSS Stahl, besteht.
- 5 4. Das Werkstück nach Anspruch 1 bis 3 ist ein Werkzeug
5. Das Werkstück nach Anspruch 1 bis 4 ist ein Schneidwerkzeug.
6. Das Werkstück nach Anspruch 1 bis 5, wobei die Dicke d der  
10 genannten Zwischenschicht wie folgt ausgewählt wird:  
 $0.05 \mu\text{m} \leq d \leq 5 \mu\text{m}.$
7. Das Werkstück nach Anspruch 1 bis 6, weiter eine Metallschicht  
15 enthaltend, eingesetzt zwischen dem genannten Grundkörper und  
der genannten Zwischenschicht.
8. Das Werkstück nach Anspruch 7, wobei das genannte Metall  
mindestens aus einem Material der Gruppe von Chrom, Tantal,  
Titan oder Zirkon besteht.
- 20 9. Das Werkstück nach Anspruch 7 oder 8, wobei das genannte Metall  
aus dem gleichen Metall besteht, das in der genannten  
Zwischenschicht verwendet wird.
- 25 10. Das Werkstück nach Anspruch 7 bis 9, wobei die genannte  
Metallschicht eine Dicke  $d_m$  besitzt, die wie folgt ausgewählt  
wird:  
 $5 \text{ nm} \leq d_m \leq 500 \text{ nm}.$

09.10.98

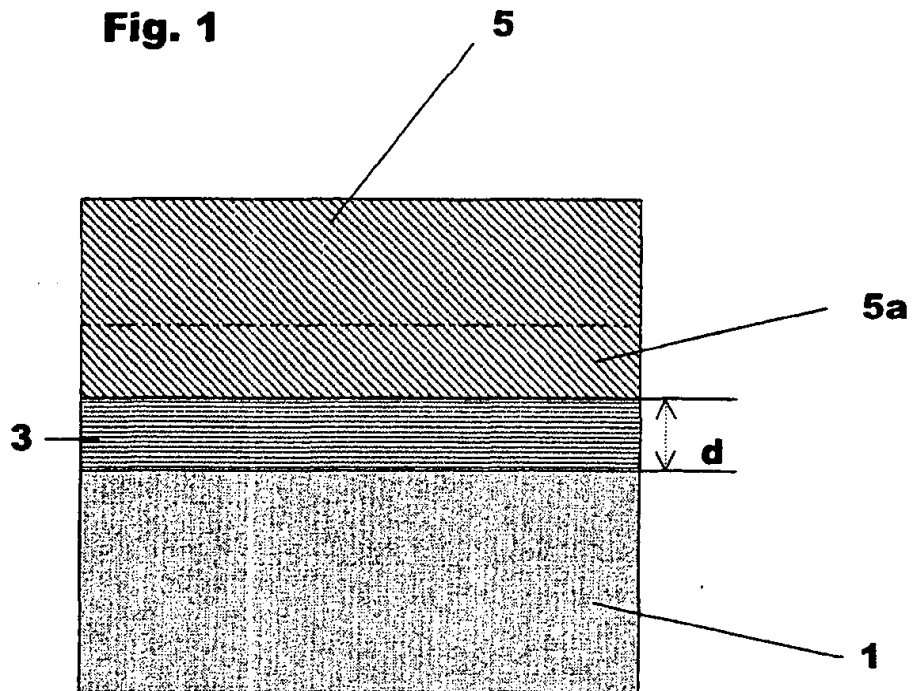
11. Das Werkstück nach Anspruch 1 bis 10, wobei die genannte Hartstoffschicht mindestens vorwiegend aus  $\text{TiAlN}$  und die genannte Zwischenschicht aus Nitroborid oder Carbonitroborid von Titan besteht.

5

12. Das Werkstück nach Anspruch 11, zusätzlich eine Metallschicht enthaltend, die zwischen dem genannten Basiskörper und der genannten Zwischenschicht eingefügt wird, wobei diese Schicht mindestens vorwiegend aus mindestens einem der folgenden  
10 Materialien besteht: Chrom, Tantal, Zirkon oder Titan.

13. Das Werkstück nach Anspruch 12, wobei die genannte Metallschicht aus Chrom oder Titan besteht.

**Fig. 1**



**Fig. 2**

